

Animal Welfare Bien-être des animaux

Isolated weaning technology: Humane benefits and concerns in the production of pork

Technologie du sevrage en ségrégation : les avantages et les préoccupations de bien-être dans la production porcine

Terry L. Whiting, Tim Pasma

The age at which piglets are separated from the sow has been identified as an animal welfare risk in current swine production systems. Animal welfare gains of a minimal disease state must be objectively balanced against the welfare costs of early weaning. Veterinary practitioners should continue to participate in the development and validation of humane animal production methods.

Introduction

The most important cause of poor animal welfare in swine production is disease (1). The way in which pigs are handled at weaning can eliminate infectious agents, enhance growth rate, and increase the lean tissue mass of pigs at slaughter. Multisite pork production that utilizes the isowean principle has been widely adopted in the last 10 y in North America in order to manage disease and promote efficient growth. Various weaning strategies have developed under a variety of names (2). Isowean was once a trademark of the Pig Improvement Corporation (PIC). Recently, PIC has removed all trademark restrictions on the use of the term. Isowean has also been described as modified medicated early weaning, segregated early weaning, segregated weaning, age segregated weaning, isolated weaning, and segregated disease control.

The outcome of all the variations in early weaning management techniques is that groups of age-matched, isolated piglets remain free from most of the serious potential pathogens that are endemic in the parent herd. Separating the weaned piglets from the parent herd and from pigs of other ages allows the weaned cohort to remain disease-free through "grow out." By contrast, in conventional hog farming, which was most common through the 1980s, pigs are weaned at around 30 d of age and then raised to market weight, often in the same building. At market weight, these pigs are carrying the same profile of swine pathogens and have experienced the same disease states as the sow herd. In addition, the nurseries and finishers rooms in conventional facilities

L'âge auquel les porcelets sont séparés de la truie a été identifié comme un risque pour le bien-être animal dans les systèmes actuels de production porcine. Les gains sur le plan du bien-être animal doivent être objectivement équilibrés avec les coûts de bien-être d'un sevrage précoce. Les praticiens vétérinaires devraient continuer de participer au développement et à la validation des méthodes de production sans cruauté du bétail.

Introduction

La plus importante cause d'un bien-être des animaux inadéquat dans la production porcine est la maladie (1). La façon dont les porcs sont manipulés lors du sevrage peut éliminer des agents infectieux, améliorer le taux de croissance et augmenter la masse des tissus maigres des porcs à l'abattage. En Amérique du Nord, la méthode de production porcine multisite employant le principe du sevrage en ségrégation a été adoptée à grande échelle au cours des dix dernières années afin de gérer les maladies et de promouvoir une croissance efficace. Diverses stratégies de sevrage ont été développées sous divers noms (2). Isowean était autrefois une marque de commerce de la Pig Improvement Corporation (PIC). Récemment, PIC a éliminé toutes les restrictions des marques de commerce relatives à l'utilisation du terme. Isowean a aussi été décrit comme le sevrage hâtif médicamenteux modifié, le sevrage hâtif en ségrégation, le sevrage en ségrégation, le sevrage en ségrégation selon l'âge, le sevrage isolé et le contrôle de la maladie en ségrégation.

Toutes les variations des techniques de la gestion du sevrage précoce ont pour résultat que les groupes isolés de porcelets de même âge demeurent non affectés par la plupart des pathogènes potentiels graves qui sont endémiques dans le troupeau parent. La séparation des porcelets sevrés du troupeau parent et des autres porcs d'âges différents permet à la cohorte sevrée de demeurer en santé jusqu'à la fin de la croissance. Par contraste, dans les élevages porcins conventionnels, situation qui était la

Office of the Chief Veterinarian, Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, 545 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 5S6.

Address all correspondence and reprint requests to Dr. Terry Whiting; e-mail: Terry.Whiting@gov.mb.ca

Bureau du vétérinaire en chef, Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba, 545, University Crescent, Winnipeg (Manitoba) R3T 5S6.

Veuillez adresser la correspondance et les demandes de reproduction au Dr Terry Whiting; courriel : Terry.Whiting@gov.mb.ca

Table 1/Tableau 1. Approximate age of loss of maternal immunity (piglet colonization) for specific pathogens of production concern/
Age approximatif de la perte d'immunité maternelle (colonisation du porcelet) pour les agents pathogènes spécifiques affectant la production

Agents/Diseases Agents/Maladies	Age in days Âge en jours
<i>Streptococcus suis</i>	Near birth
<i>Streptococcus suis</i>	Peu après la naissance
<i>Actinobacillus suis</i>	< 7
<i>Actinobacillus suis</i>	
<i>Haemophilus parasuis</i>	< 7
<i>Haemophilus parasuis</i>	
PRRS	1–9
SRRP	
Atrophic Rhinitis (<i>Pasturella</i>)	7–10
Rhinite atrophique (<i>Pasturella</i>)	
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	7–10
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	
Swine influenza virus	14
Virus de la grippe porcine	
<i>Actinobacillus pleuropneumonia</i>	16–18
<i>Actinobacillus pleuropneumonia</i>	
Transmissible gastroenteritis	21
Gastroentérite transmissible	
Swine dysentery	21
Dysentrie porcine	

can serve as a nidus of pathogen amplification and reinfection for the entire herd.

Isowean is a production system that requires an intensive level of management. It is designed as a nonsurgical method of deriving specific-pathogen-free (SPF) pigs from infected sows at a cost compatible with commercial production. Isowean prevents the horizontal transmission of disease agents between pigs of different ages by all-in/all-out (AIAO) management strategies, disinfection of premises between production batches, strict bio-security measures, and housing together only pigs that are within a few days of the same age. Isowean also requires strict health management of the sow unit, including careful acclimatization of gilts introduced to the herd (3–5).

Early isolated and age-segregated pigs grow at least 10% faster than do similar pigs maintained in a conventional herd and they require less medication during the growth phase (6,7). Isowean pigs out-perform conventional pigs at the growing-finishing phase of production by reallocating the energy and protein normally used by conventional pigs in body defense towards growth. Part of this enhanced growth is due to disease-free pigs having an increased appetite. Patience et al (8) found that site-segregated, early weaned piglets had greater appetites and better feed conversion compared with on-site early weaned piglets, even in a herd relatively free of disease. However, there is also evidence that pigs with a low antigen challenge during the growth phase develop a leaner, more desirable carcass than conventional pigs (9–12). To realize the growth enhancement and leaner carcass, the lack of stress inherent in the minimal disease state must be maintained throughout the growth period (5). Maintaining a low pathogen load in the piglets at weaning and through the growth phase provides an animal welfare gain.

plus courante dans les années 1980, les porcs sont sevrés vers l'âge de 30 jours, puis élevés jusqu'au poids marchand, souvent dans le même bâtiment. Au poids marchand, ces porcs sont porteurs du même profil d'agents pathogènes porcins et ont connu les mêmes états de maladie que le troupeau de truies. De plus, les pouponnières et les salles de finition des installations conventionnelles peuvent servir de foyer d'amplification des agents pathogènes et de réinfection du troupeau entier.

Isowean est un système de production qui exige un niveau intensif de gestion. Il est conçu comme une méthode non chirurgicale de dériver des porcs exempts de parasites particuliers à partir de truies infectées à un coût compatible avec la production commerciale. Isowean empêche la transmission d'agents infectieux entre les cochons d'âges différents par des stratégies de gestion de l'élevage par lots distincts, la désinfection des lieux entre les lots de production, des mesures de biosécurité strictes et le logement en groupant seulement les porcs du même âge à quelques jours près. Isowean exige aussi une stricte gestion de la santé de l'unité des truies, incluant l'acclimatation des cochettes introduites dans le troupeau (3–5).

Les porcs isolés et séparés selon l'âge grandissent au moins 10 % plus vite que les porcs semblables maintenus dans un troupeau conventionnel et ils exigent moins de médicaments durant la phase de croissance (6, 7). Le rendement des porcs isowean surpassé celui des porcs conventionnels à la phase de production de croissance-finition en réorientant vers la croissance l'énergie et les protéines normalement utilisées par les porcs conventionnels pour la défense du corps. Une partie de cette croissance améliorée est attribuable au fait que les porcs exempts de maladies ont un meilleur appétit. Patience et al (8) ont constaté que les porcelets isolés et sevrés hâtivement avaient des appétits plus voraces et une meilleure conversion des aliments comparativement aux porcelets sevrés hâtivement sur place, même dans un troupeau relativement exempt de maladie. Cependant, il existe aussi des preuves que les porcs qui sont moins exposés aux antigènes pendant la phase de croissance développent une carcasse plus maigre et plus désirables que celle des porcs conventionnels (9–12). Pour réaliser l'amélioration de la croissance et la carcasse plus maigre, l'absence de stress inhérent à l'état de maladie minimale doit maintenue pendant toute la période de croissance (5). Le maintien d'une faible charge d'agents pathogènes chez les porcelets au sevrage et pendant la phase de croissance procure un gain sur le plan du bien-être animal.

Mécanisme biologique d'isowean

Au fil du temps, même les truies dans les unités à statut de santé élevé ont tendance à être colonisées par les agents pathogènes courants chez les porcs. Le déplacement des cochettes en bonne santé dans ces lieux établis exige une période d'acclimatation pour les cochettes de remplacement naïves. Les truies adultes et les cochettes acclimatées ont tendance à ne pas être atteintes par les maladies ou les pertes de production importantes attribuables à une infection du troupeau. Ces groupes de truies sont souvent qualifiés de «stables», particulièrement en ce qui a trait au syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) (3). En plus de la stabilité du troupeau, une vaccination régulière de la truie réduit la charge d'agents pathogènes chez cette truie et atténue

Table 2/Tableau 2. Procedures inherent in isowean programs, class of animal affected, and welfare concern/Procédures inhérentes aux programmes isowean, classe d'animaux touchés et préoccupations relatives au bien-être

Process Processus	Stage Étape	Welfare concern (critical control point) ^a Préoccupation relative au bien-être (point de contrôle critique) ^a
Early weaning	Sow	Mid-lactation for the sow, mastitis
Sevrage hâtif	Truie	Mi-lactation pour la truie, mammite
	Piglet	Nutritional needs of piglets, source of protein
	Porcelet	Besoins nutritionnels des porcelets, source de protéine
	Piglet	Small piglets at weaning (< 5 kg)
	Porcelet	Petits porcelets au sevrage (< 5 kg)
	Piglet	Drive to standardize, cross fostering, split weaning
	Porcelet	Travail de normalisation, adoption croisée, sevrage réparti
	Piglet	Residual nursing behavior
	Porcelet	Comportement résiduel d'allaitement
Geographic movement Mouvement géographique	Piglet	Transportation of small piglets
	Porcelet	Transport des petits porcelets
Change to solid food	Piglet	Delay in feed acceptance, locating water source, establishing social order?
Changement à de la nourriture solide	Porcelet	Retard de l'acceptation de la moulée, repérage de la source d'eau, établissement de l'ordre social?
Intensive sow management	Sow	Vaccination, nutrition, rebreeding
Gestion intensive des truies	Truie	Vaccination, nutrition, nouvel accouplement

^a Swine production in Canada is increasingly developing on the hazard analysis and control model of food production. When a concern is identified management can develop written protocol to minimize the risk. Critical control point is becoming recognized language in production circles/La production porcine au Canada se développe de plus en plus en fonction du modèle d'analyse et de contrôle des risques de la production alimentaire. Lorsqu'un problème est identifié, la direction peut élaborer un protocole écrit pour minimiser le risque. Le point de contrôle critique devient un langage reconnu dans les milieux de la production

Biological mechanism of isowean

Over time, even sows in high health status units tend to become colonized by the common pathogens of swine. Moving high health gilts onto these established premises requires a period of acclimatization for the naive replacement gilts. Mature sows and acclimatized gilts tend not to suffer disease or significant production loss due to the herd infection. These sow pools are often referred to as "stable," especially in relation to the porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRS) (3). In addition to herd stability, regular vaccination of the sow decreases the pathogen load in that sow and reduces the risk of shedding infective agents, while increasing colostrum quality and transfer of passive immunity to the piglets. Piglets receiving adequate colostrum are protected against colonization by specific pathogens up to a certain age. Weaning age is a factor in the success of isowean programs, because the maternal immunity

le risque d'excréter des agents infectieux, tout en améliorant la qualité du colostrum et le transfert de l'immunité passive aux porcelets. Les porcelets qui reçoivent du colostrum adéquat sont protégés contre la colonisation par des parasites spécifiques jusqu'à un certain âge. L'âge de sevrage est un facteur inhérent au succès des programmes d'isowean, parce que l'immunité maternelle procurée par le colostrum baisse à des taux différents pour les divers agents infectieux. L'âge approximatif auquel le porcelet perd l'immunité maternelle dans des systèmes bien gérés est résumé au tableau 1. L'âge réel de la colonisation bactérienne sur le terrain des jeunes porcs varie, en raison des différences de gestion au niveau de la production.

La transmission (verticale) de la truie au porcelet du virus transmissible de gastroentérite (TGE-V), d'*Actinobacillus pleuropneumonia*, de *Mycoplasma hyopneumoniae*, de *Serpulina hyodysenteriae*, de *Bordetella bronchiseptica* et de *Pasturella* toxigénique, a été éliminée par isowean. Récemment, des porcs exempts de SRRP ont été dérivés de truies infectées en utilisant des pratiques d'isowean particulières (4). Même si *Hemophilus parasuis* n'est pas éliminé des porcelets par isowean à l'âge de 15 à 16 jours, la maladie clinique attribuable à cet organisme semble être grandement atténuée par la mise en œuvre des programmes d'isowean.

Préoccupations relatives au bien-être des animaux

L'âge des porcelets au moment du sevrage affecte directement la durée de lactation de la truie. L'utérus de la truie prend environ 14 jours pour se rétablir des effets de la gestation et parvenir à un état où une autre gestation est possible (13). Des périodes de lactation écourtées sont associées à un retour plus lent à l'œstrus, à des taux de mise bas réduits et à des portées subséquentes moins nombreuses, particulièrement pour la première parité de certaines lignées génétiques de porcs (6). Cependant, la réduction de la durée de lactation de 30 à 17 jours ne diminue pas ou n'augmente pas le nombre de porcs par truie par année (14). La production isowean n'entrave généralement pas le rendement reproductif annuel ou d'une vie de la truie.

Les efforts de production d'un lot hebdomadaire de porcelets sevrés de taille égale peuvent se traduire par un accroissement de l'adoption des porcelets (le transfert des porcelets nouveaux-nés entre les portées pour équilibrer la taille des portées) dans les systèmes isowean. Il a été démontré qu'une adoption renouvelée (plus d'une fois durant la période d'allaitement d'un porcelet) a été néfaste pour le bien-être du porcelet et s'est traduite par une hausse des batailles et des blessures (15) et par une baisse du poids de sevrage (16). Straw et al (16) ont aussi démontré qu'une adoption croisée renouvelée réduit la variabilité de la taille des porcelets en ralentissant les progrès des porcelets à croissance la plus rapide. Cependant, l'adoption peut améliorer le bien-être des porcelets si elle est bien gérée. Il a été démontré que l'adoption une fois avant la fin du premier jour a été efficace et a amélioré le bien-être animal en augmentant les chances de survie du porcelet (15). Le sevrage réparti, en vertu duquel les plus gros porcelets d'une portée sont sevrés quelques jours plus tôt et reçoivent une ration de départ dans des enclos pour porcelets en étroite proximité de la truie, s'est avéré prometteur pour réduire

provided by the colostrum decreases at different rates for different infectious agents. The approximate age at which the piglet loses maternal immunity in well-managed systems is summarized in Table 1. The actual age at which bacterial colonization of the young pig takes place in the field is variable, due to managerial differences in production.

The sow to piglet (vertical) transmission of transmissible gastroenteritis virus (TGE-V), *Actinobacillus pleuropneumonia*, *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Serpulina hyodysenteriae*, *Bordetella bronchiseptica*, and toxicogenic *Pasturella*, has been eliminated by isowean. Recently, PRRS-free pigs have been derived from infected sows, using specific isowean practices (4). Although *Hemophilus parasuis* is not eliminated from the piglets by isowean at 15–16 d, clinical disease attributable to this organism seems to be greatly decreased by the implementation of isowean programs.

Animal welfare concerns

The age of piglets at weaning directly affects the lactation length of the sow. The uterus of the sow takes approximately 14 d to recover from the effects of pregnancy to a state where another pregnancy is possible (13). Shorter lactation periods are associated with slower return to estrus, reduced farrowing rates, and decreased subsequent litter size, especially for the 1st parity of some genetic lines of pigs (6). Reducing lactation length from 30 to 17 d does not, however, decrease or increase the number of pigs per sow per year (14). Isowean production does not generally impair the overall annual or lifetime reproductive performance of the sow.

The drive to produce a weekly crop of size-matched weaned piglets can result in an increase fostering of piglets (transferring newborn piglets between litters to balance litter size) in isowean systems. Extensive fostering (more than once in a piglets' nursing period) has been shown to be detrimental to piglet welfare, resulting in increased piglet fighting and injury (15), and a decrease in weaning weight (16). Straw et al (16) also demonstrated that extensive cross fostering decreases piglet size variability by slowing down the faster growing piglets. However, fostering can improve piglet welfare if properly managed. Fostering once not later than 24 h old has shown to be effective and increases animal welfare as it increases piglet survival (15). Split weaning, where the larger piglets in a litter are weaned a few days earlier and placed on starter ration in piggy barrels in close proximity to the sow, has also shown promise to decrease variability in piglet size at litter weaning. Vocalization by the sow may be an important impetus to eat in piglets less than 16 d old; hence the close proximity of piggy barrels to sows may be an important factor in piglet isowean welfare.

Animal welfare concerns in relation to isoweaning are primarily associated with the piglet's age at weaning. In normal piglet behavior development, piglet activity changes from being 'silent and still,' appropriate for the birth nest, to a pattern of increased interaction with the sow and siblings from days 1 to 10. Outdoor piglets can find and follow the sow at about 10 d of age. In outdoor systems, the sow isolates herself at farrowing and will relocate the family herd at about day 8.

la variabilité de la taille des porcelets au moment du sevrage de la portée. La vocalisation par la truie peut être une motivation importante pour la consommation d'aliments chez les porcelets âgés de moins de 16 jours et l'étreinte proximité des enclos pour porcelets près des truies peut être un facteur important pour le bien-être des porcelets isowean.

Les préoccupations de bien-être relatives à la méthode isowean sont principalement associées à l'âge du porcelet au sevrage. Dans le développement comportemental du porcelet, le niveau d'activité du porcelet passe de «silencieux et tranquille», qui est approprié pour le nid des naissances, à un comportement d'interaction accrue avec la truie et les germains du jour 1 au jour 10. Les porcelets vivant en plein air peuvent trouver et suivre la truie vers l'âge d'environ dix jours. Dans les systèmes en plein air, la truie s'isole lors de la mise bas et déplacera le troupeau familial vers le jour 8. La truie et la portée se joignent à l'unité familiale des femelles vers environ dix jours après la mise bas (1).

Pour accomplir un sevrage en ségrégation efficace, il faut effectuer plusieurs procédures exigeant une gestion appropriée (tableau 2). Le sevrage implique la perte de contact entre le porcelet et la truie, le déplacement vers un nouvel environnement, le regroupement avec d'autres porcs et un changement soudain de diète.

Les porcelets réagissent au sevrage et à l'absence de contact entre le porcelet et la truie par une vocalisation accrue et une activité intensifiée. Une fois qu'une consommation régulière de moulée est établie trois jours après le sevrage, on a observé que les porcelets cessent la vocalisation (17). Le reniflement abdominal, un type de comportement particulier, a été interprété comme la réorientation du comportement d'allaitement et d'exploration en l'absence d'une truie (18). Les études scientifiques ont montré que la fréquence et la gravité du reniflement abdominal et le refus de la moulée augmentent au fur et à mesure que baisse l'âge de sevrage, mais il n'y a aucune démarcation claire (1, 18, 19). Le sevrage à 7 jours peut initialement se traduire par des porcelets inactifs qui ont tendance à développer un accroissement du comportement de reniflement abdominal orienté vers les compagnons d'enclos. L'inactivité et le reniflement abdominal diminuent considérablement avec le sevrage à 14 jours (19). Worbec et al (19) ont démontré que, chez les porcelets sevrés à 14 jours, le reniflement abdominal était plus fréquent que chez les porcelets sevrés à 21 jours. Cependant, les porcs sevrés et intégrés au groupe à l'âge de 16 jours ont moins de contacts agressifs avec les porcs d'autres portées que ceux qui sont sevrés à quatre semaines. Par ailleurs, d'autres études ont indiqué que le reniflement abdominal se produit aussi en présence de la truie. Colson et al (20) ont constaté que la fréquence du reniflement abdominal chez les porcelets allaités de 28 jours était supérieure à celle chez les porcelets de contrôle et les porcelets sevrés à 21 jours et que le sevrage des porcelets allaités à l'âge de 28 jours réduisait de moitié la fréquence du reniflement abdominal après le sevrage. Une autre étude a constaté que les porcelets sevrés à l'âge de 42 jours manifestaient le comportement de reniflement abdominal à l'âge d'environ 28 jours, même pendant qu'ils s'allaitaient de la truie (21).

The sow and litter join the family unit of females at about 10 d post farrowing (1).

To accomplish effective segregated weaning, several procedures that require appropriate management must occur (Table 2). Weaning involves loss of piglet-sow contact, movement to a new environment, mixing with other pigs and a sudden change in diet.

Piglets react to weaning and the loss of piglet-sow contact with increased vocalization and increased activity. Once a regular feed consumption pattern has been established by day 3 following weaning, piglets have been observed to stop vocalizing (17). Belly nosing, a specific behavior pattern, has been interpreted as redirected suckling and exploratory behavior in the absence of a sow (18). Scientific studies have shown that the frequency and severity of belly nosing and feed refusal increase as the age at weaning decreases, but there is no clear demarcation (1,18,19). Weaning at 7 d can result initially in inactive piglets that tend to develop an increase in belly nosing behavior directed at pen mates. Inactivity and belly nosing is greatly decreased by weaning at 14 d (19). Worbec et al (19) demonstrated that 14-day weaned pigs belly-nosed more than did 21-day weaned pigs; however, pigs weaned and mixed at 16 d have less aggressive encounters with pigs from other litters than do those weaned at 4 wk. However, other studies indicate that belly nosing also occurs in the presence of the sow. Colson et al (20) found the frequency of belly nosing in 28-day-old nursing piglets was greater than that in control piglets and piglets weaned at 21 d, and that weaning nursing piglets at 28 d of age halved the frequency of belly nosing after weaning. Another study found that piglets weaned at 42 d of age exhibited belly nosing at approximately 28 d of age, even while nursing from the sow (21).

If the sow is beginning to restrict access to the udder and decreasing milk production at about 4 wk of age, it could suggest that belly nosing is not redirected suckling but a general behavioral response to any reduction or cessation of nursing. Another study found very few behavioral differences between early and late weaned pigs. The lack of these differences suggested that it is not the age of weaning that generates behavior but the stress of weaning itself (22). Work is currently ongoing to investigate the motivation behind belly nosing.

Segregated weaning is often best accomplished by moving the pigs to another location, such as an off-site nursery or a separate wean-to-finish operation. A whole technical language has developed to describe how various hog operations are organized by geographic and production stage (2). Many isolated weaning production systems are large, as piglets must be grouped together within about 3–4 d of age and managed as AIAO, at least by barn and preferably by site. If a target is to fill two 1000-head finisher barns, 1 for barrows and 1 for gilts, once per week for every week of the year, a pool of approximately 5000 sows and gilts are required.

Transportation alone does not appear to be an immediate cause for concern in isoweal systems. Sixteen-day and older piglets have the necessary agility and social behavior to chase and load on trailers, as well as reasonable ability to respond to small changes in temperature. Isowealed piglets do not eat until 24 h after weaning in the absence of transport (23), leaving reasonable

Si la truie commence à limiter l'accès aux mamelles et que sa production de lait baisse vers l'âge d'environ quatre semaines, cela pourrait suggérer que le reniflement abdominal n'est pas une têtée réorientée, mais une réponse comportementale générale à une réduction ou à une cessation de l'allaitement. Une autre étude a constaté très peu de différences de comportement entre les porcs sevrés hâtivement ou tardivement. L'absence de ces différences a suggéré que ce n'est pas l'âge du sevrage qui produit le comportement mais le stress du sevrage en soi (22). Des travaux sont actuellement en cours pour étudier la motivation du comportement de reniflement abdominal.

Le sevrage en ségrégation s'effectue souvent le mieux en déplaçant les porcs dans un autre lieu, comme une pouponnière à l'extérieur du site ou une exploitation distincte de sevrage à la finition. Un langage technique complet s'est développé pour décrire comment les diverses exploitations porcines sont organisées en fonction des étapes de géographie et de production (2). Beaucoup de systèmes de production avec le sevrage en ségrégation sont d'une superficie vaste, car les porcelets doivent être regroupés ensemble avec un écart d'âge d'environ 3 ou 4 jours et être gérés comme un élevage par lots distincts, du moins dans la porcherie sinon en changeant d'emplacement. Si l'objectif consiste à remplir deux porcheries de finition de 1000 têtes, une pour les porcs mâles castrés et une pour les cochettes, une fois par semaine toutes les semaines de l'année, un groupe d'environ 5000 truies et cochettes est requis.

Le transport en soi ne semble pas être une préoccupation immédiate dans les systèmes isoweal. Les porcelets âgés de seize jours et plus possèdent l'agilité et le comportement social nécessaires pour être pourchassés et chargés sur des remorques, ainsi qu'une capacité raisonnable de répondre à de légères variations de la température. Les porcelets sevrés en ségrégation ne mangent pas jusqu'à 24 heures après le sevrage en l'absence de transport (23), ce qui laisse des délais raisonnables pour le regroupement et le transport. Le stress du transport peut devenir préoccupant lorsqu'il y a un retard important du déplacement des porcelets après le sevrage. Dans la production commerciale, il y a souvent une compétition féroce pour l'espace de mise bas et de contention des animaux et il y a d'autres causes pour l'interruption inattendue du mouvement des porcs. Dans l'exportation des porcelets isoweal vers les États-Unis, il existe toujours le risque de retards lors du déplacement. Dans un système de production où il y existe une concurrence pour les ressources, le sevrage et le placement sans anicroche des animaux représentent un défi de gestion important.

Le sevrage implique l'intégration de porcelets provenant de diverses portées et l'établissement d'un ordre social entre les nouveaux compagnons d'enclos. Au Canada, l'âge le plus fréquemment utilisé pour le sevrage en ségrégation se situe vers de 16 à 17 jours, ce qui coïncide avec l'âge d'intégration autonome avec d'autres portées chez les porcelets féraux ou élevés en plein air. Même lorsque les portées ne sont pas regroupées mais gardées intactes au moment du sevrage, l'agressivité peut toujours demeurer un facteur, sans égard à l'âge de sevrage (21).

Un changement de la diète représente l'élément de base du processus de sevrage. Chez les porcs féraux ou lors de la mise bas en plein air des truies, les porcelets sont sevrés à l'âge d'environ

times for assembly and transport. Transport stress can become a concern when there is significant delay in movement of the piglets after weaning. In commercial production, there is often serious competition for farrowing and animal holding space, and there are other causes of unanticipated pig-flow interruption. In the export of isowean piglets to the USA, there is always the risk of delay in movement. In a production system with competition for resources, smooth animal weaning and placement becomes a serious management challenge.

Weaning involves the mixing of piglets from various litters and the establishment of a social order amongst the new pen mates. In Canada, the most popular age for isoweaning is around 16 to 17 d, which coincides with the age of self-directed mixing with other litters in feral or outdoor raised piglets. Even when litters are not mixed but kept intact at weaning, aggression can still be a factor regardless of weaning age (21).

A change in diet is the basis of the weaning process. In feral pigs or in outdoor farrowing of sows, piglets wean at 9–20 wk of age by a combination of the sow presenting less often for nursing and the piglets having decreasing interest. Under present day nutrition available to farming, sows reach peak lactation at 3–4 wk after farrowing, so, regardless of whether piglets are weaned at 16 or 28 d, structured weaning requires changes in the feed presented to both the sow and the piglet. Piglets consume less feed than required for maintenance, especially in the first 24 h post weaning. The microscopic structure of the intestines and digestive enzyme profile of the piglet change dramatically at weaning. These changes still require feed components to be highly digestible and nonantigenic to the intestinal lining of the gut (23). However, the change in diet has also been found to increase the capacity for an immune response by the intestine. Orgeur et al (17) found increased numbers of B and T cells in the epithelium and lamina propria of the intestine at the time of weaning, probably due to nonspecific stimulation by bacterial products. This increased number of immune cells could enhance the piglet's response to disease and thereby improve the piglet's welfare.

The general European opinion is summarized in a 1997 review of swine production (1). This document identified that by far the most important single cause of poor animal welfare is disease. The report, however, goes on to state "In well operated ISO/SE weaning systems there is little evidence to suggest that animal health is greatly improved. More research is clearly necessary in this area especially if method of production becomes a future trade issue." However, in isowean applications in North America, where geographic separation of production sites is possible, there is convincing evidence that the increased health status acquired by isowean, a direct welfare benefit to the pig, can be maintained through the feeder stages.

Measuring animal welfare

Animal behavior and expression of animal choice have emerged as additional experimental measurements of animal welfare, in addition to injury and body condition scores and the measurement of stress response as estimated from blood catecholamine levels (24,25).

9 à 20 semaines, par une combinaison de la truie se présentant moins souvent pour l'allaitement et la diminution de l'intérêt des porcelets. Avec la nutrition actuelle disponible en élevage, les truies atteignent le pic de lactation trois ou quatre semaines après la mise bas. Par conséquent, sans égard au fait que les porcelets soient sevrés à l'âge de 16 ou de 28 jours, le sevrage structuré exige des changements de l'alimentation présentée à la truie et au porcelet. Les porcelets consomment moins de moulée que nécessaire pour le maintien, particulièrement au cours des 24 premières heures après le sevrage. La structure microscopique des intestins et le profil des enzymes digestifs du porcelet changent dramatiquement au sevrage. Ces changements exigent toujours que les éléments d'alimentation soient hautement digestibles et non antigéniques pour la paroi intestinale de l'intestin (23). Cependant, on a aussi constaté que le changement de la diète augmente la capacité d'une réponse immunitaire de l'intestin. Orgeur et al (17) ont constaté des nombres accrus de cellules B et T dans l'épithélium et lamina propria de l'intestin au moment du sevrage, probablement en raison de la stimulation non spécifique par des produits bactériens. Ce nombre accru de cellules immunitaires pourrait rehausser la réponse du porcelet aux maladies et ainsi améliorer le bien-être du porcelet.

L'opinion générale européenne est résumée dans un compte rendu de 1997 sur la production porcine (1). Ce document a signalé que, de loin, la cause unique la plus importante d'un bien-être animal inadéquat est la maladie. Toutefois, le rapport poursuit en affirmant que : «Dans les systèmes d'ISO/SE bien gérés, il existe peu de preuves qui suggèrent que la santé animale est grandement améliorée. Il est clairement nécessaire de réaliser plus de recherche dans ce domaine, particulièrement si la méthode de production devient un enjeu commercial futur.» Cependant, dans les applications isowean en Amérique du Nord, où la ségrégation géographique des sites de production est possible, il existe des preuves convaincantes que l'état de santé acquis par la méthode isowean, un avantage de bien-être direct pour le porc, peut être maintenu lors des étapes de nourrissage.

Mesurer le bien-être animal

Le comportement animal et l'expression du choix animal ont émergé comme des mesures d'expérimentation additionnelles du bien-être animal, en plus des indices relatifs aux blessures et à l'état physique et la mesure de la réponse au stress telle qu'estimée à partir des taux sanguins de catécholamine (24, 25).

Les glucocorticoïdes peuvent être une mesure de la détresse psychologique, mais ils sont aussi produits en réponse à des périodes d'ingestion limitée d'aliments (26). Durant le sevrage, lorsqu'il y a une séparation de la mère et une faible ingestion d'aliments, il est difficile de déterminer la signification des catécholamines, parce que la détresse psychologique est confondue avec une faible ingestion d'aliments. De plus, les catécholamines peuvent être inhibées par une faible ingestion d'aliments et un équilibre énergétique négatif (26). Dans une autre étude, il a été constaté que les taux de cortisone sont élevés pendant l'allaitement et chutent rapidement après le sevrage, sans égard à l'âge de sevrage, et que l'âge de sevrage n'a pas affecté la programmation de l'axe hypothalamique-pituitaire-adréenal et, par conséquent, la réponse au stress de privation à des âges ultérieurs (21).

Glucocorticoids can be a measure of psychological distress, but they are also produced in response to periods of limited feed intake (26). During weaning, when there is separation from the mother and low feed intake, it is difficult to determine the significance of catecholamines, because psychological distress is confounded with low feed intake. In addition, catecholamines can be depressed by low food intake and a negative energy balance (26). In another study, it was found that cortisol levels are higher during nursing and decline quickly following weaning, regardless of weaning age, and that weaning age did not affect programming of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and, hence, reaction to restraint stress at later ages (21).

Behavioral experiments are conducted without the confounding element of disease, as is present in the field situation. Methods measuring the animal welfare benefits of the absence of disease and the physiologic response to the absence of disease have undergone a far less intensive development in the recent past than have behavioral based estimates of animal welfare.

The increased lean tissue disposition in animals raised under isoweal production is evidence that this production system has significant welfare benefits (10–12). Long-term increased adrenal cortical activity results in increased fat deposition over lean meat deposition. Men with increased levels of perceived stress had elevated levels of salivary cortisol and increased measures of abdominal obesity (27). Meishan pigs have higher levels of cortisol and higher fat deposits than the large white breed (28). Any production system that increases lean tissue deposition could be interpreted as more welfare friendly than conditions that result in a proportional shift to a nonlean carcass.

Discussion

The number of pigs weaned per sow per year is a valuable financial measure of production. Initially it was thought that isoweal would significantly increase the pigs weaned per sow per year. This index of production has not improved nearly as rapidly as the pigs weaned per crate per year (a measure of facility utilization) when isoweaning is implemented. Although disease control and enhanced growth rates were the primary reason that isoweal protocols were developed, isoweal is often adopted when farms expand. Producers operating farrow-to-finish units can significantly expand their sow herd without a large capital investment and without hiring additional personnel by converting nursery and grow/finish facilities to farrowing rooms and gestation sow housing (29). Isoweal has clear production efficiencies in addition to animal welfare risks and benefits. Isoweal also works best with larger production units. These “production” facts may allow opponents of isoweaning to invoke the image of greed and industrialization of farming as inherent evils and obscure the objective welfare evaluation of the isoweal production process. However, the pig-specific production benefits of isoweal are a faster growing feeder pig and leaner carcass at slaughter. A high score on both of these indices are consistent with a pig having lived a stress-free life.

In Europe, weaning pigs prior to 21 d of age is prohibited by regulation unless “the welfare or health of the dam or piglets would otherwise be adversely affected” (1). The standard of the European regulation is met by isoweal, as there are significant

Les expérimentations comportementales sont réalisées sans l'élément confusionnel de maladie, tel qu'il se présente dans la situation sur le terrain. Les méthodes mesurant les avantages de bien-être animal découlant de l'absence de maladie et la réponse physiologique à l'absence de maladie ont fait l'objet d'un développement beaucoup moins intensif au cours des dernières années que les travaux relatifs aux estimations du bien-être animal se fondant sur le comportement.

L'accroissement des tissus maigres des animaux élevés selon la méthode de production isoweal prouve que ce système de production comporte des avantages importants sur le plan du bien-être (10–12). Une hausse à long terme de l'activité corticosurrénale se traduit par le dépôt accru de graisse sur le dépôt de viande maigre. Les hommes avec des taux accrus de stress perçu avaient des taux élevés de cortisol salivaire et des mesures accrues d'obésité abdominale (27). Les porcs Meishan présentent des taux supérieurs de cortisol et des dépôts de graisse supérieurs à ceux de la race des grands porcs blancs (28). Tout système de production qui augmente le dépôt de tissus maigres pourrait être interprété comme plus convivial au bien-être que les conditions qui provoquent un déplacement proportionnel vers une carcasse non maigre.

Discussion

Le nombre de porcs sevrés par truie par année est une mesure financière utile de la production. On croyait initialement que l'isoweal augmenterait significativement le nombre de porcs sevrés par truie par année. Cet indice de production est loin de s'être amélioré aussi rapidement que le nombre de porcs sevrés par cage de contention par année (une mesure de l'utilisation des installations) lorsque la méthode isoweal est mise en œuvre. Même si le contrôle des maladies et des taux de croissance améliorés a constitué la principale raison du développement des protocoles d'isoweal, cette méthode est souvent adoptée lors de l'élargissement des élevages. Les producteurs qui exploitent des unités de mise bas à la finition peuvent procéder à un élargissement considérable de leur troupeau de truies sans avoir à investir des capitaux importants et à embaucher du personnel additionnel en convertissant les installations de pouponnière et de croissance-finition à des salles de mise bas et à des enclos pour les truies en gestation (29). L'isoweal présente des efficacités de production claires en plus de risques et d'avantages pour le bien-être animal. C'est aussi dans les grandes unités de production que la méthode isoweal est la plus efficace. Ces faits de «production» peuvent permettre aux adversaires de l'isoweal d'invoquer l'image de l'avidité et de l'industrialisation de l'élevage comme des maux inhérents et obscurcir l'évaluation objective du bien-être relatif au processus de production de l'isoweal. Cependant, les avantages de production d'isoweal particuliers aux porcs sont un nourrissage à croissance plus rapide et une carcasse plus maigre à l'abattage. Une valeur élevée pour ces deux indices est conforme avec un porc qui a vécu une vie sans stress.

En Europe, la réglementation interdit le sevrage des porcs avant l'âge de 21 jours à moins que «le bien-être ou la santé de la mère ou des porcelets soit autrement négativement affecté» (1). La norme de la réglementation européenne est satisfaite par

increases in the health and welfare of the young pig through the growth phase.

The failure to effectively adopt isowean in Europe may be explained by early attempts at isoweaning failing to succeed for a variety of reasons. Failure may have been because of the inability to achieve nursery and feeder isolation due to the land carrying density of the swine producing belts of Belgium-Holland-Germany, combined with the limits on unit production size in the regulated European agricultural industry (restrictions on integration). The EU also prohibited weaning prior to 21 d by law at about the same time that essential piglet nutritional research was being completed in the USA. Successful implementation of isowean has been made possible only with the greatly increased understanding of the nutritional and palatability needs of the young pig. Meeting those needs has required the development of specific products, such as spray dried porcine plasma (8).

In evaluation of new production systems in agriculture, there is a need to demonstrate with sound scientific research that the system does not have a detrimental effect on the welfare of the animals. To describe and recommend humane management practices, it is important to document that the welfare benefits gained by the high health standard of the pigs in isowean systems contributes significantly to their well-being. Documenting animal welfare gains may be unequally affected by the tools available or chosen to measure those gains. To date, there has been very little research into developing tools to measure the pigs' experience of disease states.

Humane animal production is everybody's concern and everyone from producers to veterinarians to scientists working in agriculture is striving towards the best possible specific management practices. When evaluating the welfare of animals in the production system, it is necessary to look at the overall system. A holistic evaluation of swine production may indicate that isowean is, in general, a preferred method of raising pigs for pork production.

References

1. Broom DM, Csermely D, Dijkhuizen AA, et al. The Welfare of Intensively Kept Pigs. Report of the Scientific Veterinary Committee of European Commission 1997: Doc XXIV/B3/ScVC/0005/1997.
2. Harris DL. Multi-site Pig Production. Ames, Iowa: Iowa State Univ Pr, 2000.
3. Heuser W. Gilt pool management: Acclimatization and verification. Compend Contin Educ Pract Vet 1999;29:S196-S197,S232.
4. Rajić A, Dewey C, Deckert A, Friendship R, Martin SW, Yoo D. The production of PRRS negative pigs from multiple PRRS serologically stable herds over time using segregated early weaning (SEW). Proc West Can Assoc Swine Pract 1999;79-88.
5. Rodibaugh MT. Early weaning and disease: What will happen next? Proc Am Assoc Swine Pract 1998;369-372.
6. Dritz SS, Nelissen JL, Goodband RD, Tokach MD, Chengappa MM. Application of segregated early weaning technology in the commercial swine industry. Compend Contin Educ Pract Vet 1994;677-685.
7. Dritz SS, Chengappa MM, Nelissen JL, et al. Growth and microbial flora of non-medicated, segregated, early weaned pigs from a commercial swine operation. J Am Vet Med Assoc 1996;208:711-715.
8. Patience JF, Gonyou HW, Whittington DL, Beltranena E, Rhodes CS, Van Kessel AG. Evaluation of site and age of weaning on pig growth performance. J Anim Sci 2000;78:1726-1731.
9. Schinckel AP, Clark LK, Stevenson G, et al. Effects of antigenic challenge on growth and composition of segregated early weaned pigs. Swine Health Prod 1995;3:228-234.

isowean, car il se produit des hausses considérables de la santé et du bien-être des jeunes porcs pendant la phase de croissance.

L'absence de l'adoption efficace d'isowean en Europe peut s'expliquer par l'échec des premières tentatives des méthodes d'isowean pour diverses raisons. L'échec peut avoir été causé par l'incapacité de parvenir à une ségrégation entre les pouponnières et les nourrains en raison de la densité des animaux sur le territoire des ceintures de production porcine en Belgique-Hollande-Allemagne, combinée avec les limites imposées à la taille des unités de production dans l'industrie agricole européenne réglementée (restrictions à l'intégration). La loi de l'UE a aussi interdit le sevrage avant l'âge de 21 jours à peu près au même moment que de la recherche nutritionnelle essentielle sur les porcelets était en voie d'achèvement aux États-Unis. La mise en œuvre réussie d'isowean a été rendue possible seulement grâce à une compréhension grandement améliorée des besoins de nutrition et d'appétitance des jeunes porcs. La satisfaction de ces besoins a exigé le développement de produits spécifiques, comme la pulvérisation de plasma porcin séché (8).

Dans l'évaluation des nouveaux systèmes de production en agriculture, il existe un besoin de démontrer avec de la recherche scientifique valable que le système ne comporte pas d'effets néfastes pour le bien-être des animaux. Pour décrire et recommander des pratiques de gestion sans cruauté, il est important de documenter le fait que les avantages de bien-être obtenus grâce à la norme de santé élevée des porcs évoluant dans les systèmes isowean contribue de manière importante à leur bien-être. Or, la documentation des gains de bien-être animal peut être aussi inégalement affectée par les outils disponibles ou choisis pour mesurer ces gains. Jusqu'à maintenant, il y a eu très peu de recherche sur le développement d'outils visant à mesurer l'expérience des états de maladie par les porcs.

Une production animale sans cruauté représente une préoccupation universelle et toutes les personnes concernées, des producteurs aux vétérinaires en passant par les chercheurs travaillant en agriculture, travaillent en vue de parvenir aux meilleures pratiques de gestion particulières possible. Lors de l'évaluation du bien-être des animaux dans le système de production, il est nécessaire d'envisager le système dans son ensemble. Une évaluation holistique de la production porcine pourra indiquer que l'isowean est, en général, une méthode privilégiée d'élevage des porcs pour la production porcine.

Renvois

1. BROOM, D.M., D. CSERMELY, A.A. DIJKHUIZEN, et al. *The Welfare of Intensively Kept Pigs*. Report of the Scientific Veterinary Committee of European Commission, 1997, Doc. XXIV/B3/ScVC/0005/1997.
2. HARRIS, D.L. *Multi-site Pig Production*, Ames, Iowa, Iowa State Univ Pr, 2000.
3. HEUSER, W. «Gilt pool management: Acclimatization and verification», *Compend Contin Educ Pract Vét*, 1999, vol. 29, p. S196-S197, S232.
4. RAJIC, A., C. DEWEY, A. DECKERT, R. FRIENDSHIP, S.W. MARTIN et D. YOO. «The production of PRRS negative pigs from multiple PRRS serologically stable herds over time using segregated early weaning (SEW)», *Proc West Can Assoc Swine Pract*, 1999, vol. 79-88.
5. RODIBAUGH, M.T. «Early weaning and disease: What will happen next?», *Proc Am Assoc Swine Pract*, 1998, p. 369-372.
6. DRITZ, S.S., J.L. NELSEN, R.D. GOODBAND, M.D. TOKACH et M.M. CHENGAPPA. «Application of segregated early weaning

10. Williams NH, Stahly TS, Zimmerman DR. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency, and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27 kg. *J Anim Sci* 1997; 75:2463–2471.
11. Williams NH, Stahly TS, Zimmerman DR. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization, and lysine needs of pigs. *J Anim Sci* 1997; 75:2472–2480.
12. Williams NH, Stahly TS, Zimmerman DR. Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg. *J Anim Sci* 1997; 75:2481–2496.
13. Britt JH, Flowers WL, Armstrong TA. Induction of ovulation in early weaned sows. *Proc Am Assoc Swine Pract* 1997; 28:33–35.
14. Xue JL, Dial DG, Marsh WE, Davies PR, Momont HW. Influence of lactation length on sow productivity. *Livest Prod Sci* 1993; 34: 253–265.
15. Robert S, Martineau GP. Sow-piglet behavioural interactions and the impact of cross-fostering on piglet performance. *Proc Am Assoc Swine Pract* 1998; 29:313–318.
16. Straw BE, Burgi EJ, Dewey CE, Duran CO. Effects of extensive crossfostering on performance of pigs on a farm. *J Am Vet Med Assoc* 1998; 212:855–856.
17. Orgeur P, Hay M, Mormede P, et al. Behavioural, growth and immune consequences of early weaning in one-week-old Large-White piglets. *Reprod Nutr Dev* 2001; 41:321–332.
18. Dybkjaer L. The identification of behavioural indicators of “stress” in early weaned piglets. *Appl Anim Behav Sci* 1992; 35:135–147.
19. Worbec EK, Duncan IJH, Widowski TM. The effects of weaning at 7, 14, and 28 days on piglet behaviour. *Appl Anim Behav Sci* 1999; 62:173–182.
20. Colson V, Orgeur P, Foury A, Mormede P. Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal response. *Appl Anim Behav Sci* 2006; 98:70–88.
21. Jarvis S, Moinard C, Robson SK, et al. Effects of weaning age on the behavioural and neuroendocrine development of piglets. *Appl Anim Behav Sci* 2007. In press.
22. Hohenshell LM, Cunnick JE, Ford SP, et al. Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment. *J Anim Sci* 2000; 78:38–49.
23. Thacker PA. Nutritional requirements of early weaned pigs: A review. *Pig News Inf* 1999; 20:13N–24N.
24. Dantzer R. Animal welfare methodology and criteria. *Rev Sci Tech* 1994; 13:277–302.
25. Rushen J. Using aversion learning techniques to assess the mental state, suffering and welfare of farm animals. *J Anim Sci* 1996; 74: 1990–1995.
26. Hay M, Orgeur P, Levy F, et al. Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine. *Physiol Behav* 2001; 72:263–269.
27. Rosmond R, Dallman MF, Björntorp P. Stress-related cortisol secretion in men: Relationships with abdominal obesity and endocrine, metabolic and hemodynamic abnormalities. *J Clin Endocrinol Metab* 1998; 83:1853–1859.
28. Desautels C, Sarrieau A, Caritez JC, Mormede P. Behavior and pituitary-adrenal function in large white and meishan pigs. *Domest Anim Endocrinol* 1999; 16:193–205.
29. Dewey CE, Friendship BM, Deckert AE. Segregated early weaning and traditional weaning systems in Ontario. *Proc Can Vet Med Assoc* 1998; 431–436.

-
- technology in the commercial swine industry», *Compend Contin Educ Pract Vet*, 1994, p. 677–685.
7. DRITZ, S.S., M.M. CHENGAPPA, J.L. NELSEN, et al. «Growth and microbial flora of non-medicated, segregated, early weaned pigs from a commercial swine operation», *J Am Vet Med Assoc*. 1996, vol. 208, p. 711–715.
 8. PATIENCE, J.F., H.W. GONYOU, D.L. WHITTINGTON, E. BELTRANENA, C.S. RHODES et A.G. VAN KESSEL. «Evaluation of site and age of weaning on pig growth performance», *J Anim Sci*, 2000, vol. 78, p. 1726–1731.
 9. SCHINCKEL, A.P., L.K. CLARK, G. STEVENSON, et al. «Effects of antigenic challenge on growth and composition of segregated early weaned pigs», *Swine Health Prod*, 1995, vol. 3, p. 228–234.
 10. WILLIAMS, N.H., T.S. STAHLY et D.R. ZIMMERMAN. «Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency, and composition of growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 27 kg», *J Anim Sci*, 1997, vol. 75, p. 2463–2471.
 11. WILLIAMS, N.H., T.S. STAHLY et D.R. ZIMMERMAN. «Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization, and lysine needs of pigs», *J Anim Sci*, 1997, vol. 75, p. 2472–2480.
 12. WILLIAMS, N.H., T.S. STAHLY et D.R. ZIMMERMAN. «Effect of level of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg», *J Anim Sci*, 1997, vol. 75, p. 2481–2496.
 13. BRITT, J.H., W.L. FLOWERS et T.A. ARMSTRONG. «Induction of ovulation in early weaned sows», *Proc Am Assoc Swine Pract*, 1997, vol. 28, p. 33–35.
 14. XUE, J.L., D.G. DIAL, W.E. MARSH, P.R. DAVIES et H.W. MOMONT. «Influence of lactation length on sow productivity», *Livest Prod Sci*, 1993, vol. 34, p. 253–265.
 15. ROBERT, S. et G.P. MARTINEAU. «Sow-piglet behavioural interactions and the impact of cross-fostering on piglet performance», *Proc Am Assoc Swine Pract*, 1998, vol. 29, p. 313–318.
 16. STRAW, B.E., E.J. BURGI, C.E. DEWEY et C.O. DURAN. «Effects of extensive crossfostering on performance of pigs on a farm», *J Am Vet Med Assoc*, 1998, vol. 212, p. 855–856.
 17. ORGEUR, P., M. HAY, P. MORMEDE et al. «Behavioural, growth and immune consequences of early weaning in one-week-old Large-White piglets», *Reprod Nutr Dev*, 2001, vol. 41, p. 321–332.
 18. DYBKJAER, L. «The identification of behavioural indicators of “stress” in early weaned piglets», *Appl Anim Behav Sci*, 1992, vol. 35, p. 135–147.
 19. WORBEC, E.K., I.J.H. DUNCAN et T.M. WIDOWSKI. «The effects of weaning at 7, 14, and 28 days on piglet behaviour», *Appl Anim Behav Sci*, 1999, vol. 62, p. 173–182.
 20. COLSON, V., P. ORGEUR, A. FOURY et P. MORMEDE. «Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal response», *Appl Anim Behav Sci*, 2006, vol. 98, p. 70–88.
 21. JARVIS, S., C. MOINARD, S.K. ROBSON, et al. «Effects of weaning age on the behavioural and neuroendocrine development of piglets», *Appl Anim Behav Sci*, 2007, sous presse.
 22. HOHENSHELL, L.M., J.E. CUNNICK, S.P. FORD, et al. «Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment», *J Anim Sci*, 2000, vol. 78, p. 38–49.
 23. THACKER, P.A. «Nutritional requirements of early weaned pigs: A review», *Pig News Inf*, 1999, vol. 20, p. 13N–24N.
 24. DANTZER, R. «Animal welfare methodology and criteria», *Rev Sci Tech*, 1994, vol. 13, p. 277–302.
 25. RUSHEN, J. «Using aversion learning techniques to assess the mental state, suffering and welfare of farm animals», *J Anim Sci*, 1996, vol. 74, p. 1990–1995.
 26. HAY, M., P. ORGEUR, F. LEVY et al. «Neuroendocrine consequences of very early weaning in swine», *Physiol Behav*, 2001, vol. 72, p. 263–269.
 27. ROSMOND, R., M.F. DALLMAN et P. BJÖRNTORP. «Stress-related cortisol secretion in men: Relationships with abdominal obesity and endocrine, metabolic and hemodynamic abnormalities», *J Clin Endocrinol Metab*, 1998, vol. 83, p. 1853–1859.
 28. DESAUTELS, C., A SARRIEU, J.C. CARITEZ et P. MORMEDE. «Behavior and pituitary-adrenal function in large white and meishan pigs», *Domest Anim Endocrinol*, 1999, vol. 16, p. 193–205.
 29. DEWEY, C.E., B.M. FRIENDSHIP et A.E. DECKERT. «Segregated early weaning and traditional weaning systems in Ontario», *Proc Can Vet Med Assoc*, 1998, p. 431–436.